

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-224972
 (43)Date of publication of application : 17.08.1999

(51)Int.CI.

H01S 3/18
H01L 33/00

(21)Application number : 10-337197
 (22)Date of filing : 27.11.1998

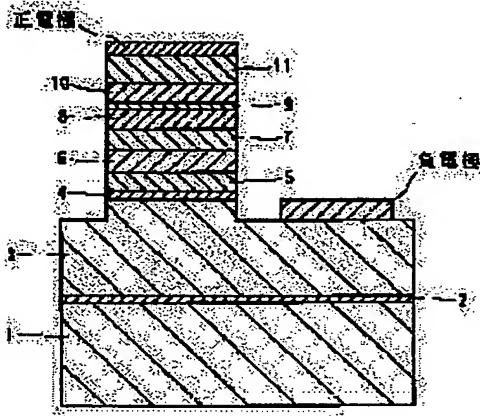
(71)Applicant : NICHIA CHEM IND LTD
 (72)Inventor : NAGAHAMA SHINICHI
 IWASA SHIGETO
 NAKAMURA SHUJI

(54) NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance the luminous output of a semiconductor laser by a method, wherein first second and third N-type layers and an active layer having a multiple quantum well structure are laminated on an N-type contact layer, and the laminated material is formed into a double heterostructure.

SOLUTION: A selective etching is performed from a P-type contact layer 11 of a wafer formed into a structure, wherein a buffer layer 2 and a contact layer 3 are grown on the surface of a sapphire substrate 1. A first n-type layer 4 consisting of an n-type InGaN layer, a second N-type layer 5 consisting of an n-type AlGaN layer, a third n-type layer 6 consisting of an n-type GaN layer, and an active layer 7 consisting of a multiple quantum well structure, are grown on the layer 3 and three layers of p-type nitride semiconductor layers 8, 9 and 10, the p-type contact layer 11 are laminated on the layer 7, the surface of the n-type contact layer 3 is made to expose, and stripped electrodes are respectively formed on the exposed surface of the layer 3 and the surface of the layer 11. The grown layers 3 to 7, the laminated layers 8, 9, 10 and 11 and the electrode on the layer 11 are etched from the direction intersecting orthogonally the layers 3 to 11, the electrode on the layer 11, vertical etched end surfaces are formed to form a reflecting mirror, and the reflecting mirror is used as a resonance surface.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.11.1998
 [Date of sending the examiner's decision of rejection] 16.07.2002
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
 [Date of final disposal for application]
 [Patent number] 3371830
 [Date of registration] 22.11.2002
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2002-15677
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
 [Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

特開平11-224972

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月17日

(51) In.Cl.	特願平10-337187	(71) 出願人 000226057
(62) 分割の表示	特願平7-305291の分割	(72) 発明者 長嶋 健一 徳島県阿南市上町岡91番地100 日亜化 学工業株式会社内
(22) 出願日	平成7年(1995)11月24日	(72) 発明者 岩佐 成人 徳島県阿南市上町岡91番地100 日亜化 学工業株式会社内
		(72) 発明者 中村 修二 徳島県阿南市上町岡91番地100 日亜化 学工業株式会社内

審査請求 有 施査項目の数7 OL (全6頁)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 硫化物半導体 (In_xAl_{1-x}Ga_{1-y}N, 0≤x, 0≤y, x+y≤1) よりなる発光素子であって、n型コントラクト層の上に、第一のn型層と、第二のn型層と、第三のn型層と、多重量子井戸構造を有する活性層とが積層され、ブルーヘテロ構造を有する硫化物半導体発光素子。

【請求項2】 硫化物半導体 (In_xAl_{1-x}Ga_{1-y}N, 0≤x, 0≤y, x+y≤1) よりなる発光素子であって、多重量子井戸構造を有する活性層の上に、第一のn型層と、第一のp型層と、第三のp型層と、多重量子井戸構造を有する活性層とが積層され、ブルーヘテロ構造を有する硫化物半導体発光素子。
【請求項3】 硫化物半導体 (In_xAl_{1-x}Ga_{1-y}N, 0≤x, 0≤y, x+y≤1) よりなる発光素子であって、n型コントラクト層の上に、第一のn型層と、第二のn型層と、第三のn型層と、多重量子井戸構造を有する活性層と、第一のp型層と、第二のp型層と、第三のp型層と、多重量子井戸構造を有する活性層とが順に積層され、ブルーヘテロ構造を有する硫化物半導体発光素子。

【請求項4】 前記3のn型層がGaNからなり、前記第一のn型層がInNからなり、前記第一のp型層がAlNからなり、前記第二のp型層がGaNからなり、前記第三のp型層がAlNを含むp型硫化物半導体からなり、前記第三のp型層がGaNからなる請求項2または3に記載の硫化物半導体発光素子。

【請求項5】 前記第一のp型層がAlNを含むp型硫化物半導体からなり、前記第二のp型層がGaNを含むp型硫化物半導体からなり、前記第三のp型層がAlNを含むp型硫化物半導体からなり、前記第三のp型層がGaNからなる請求項2または3に記載の硫化物半導体発光素子。

【請求項6】 前記第一のn型層が光導じ込め層であり、前記第一のn型層が光ガイド層であり、前記第二のn型層が光ガイド層であり、前記第三のn型層が光導じ込め層である請求項1、3、4の内のいずれか一項に記載の硫化物半導体発光素子。

【請求項7】 前記第二のp型層が光ガイド層であり、前記第三のp型層が光導じ込め層である請求項2、3、5の内のいずれか一項に記載の硫化物半導体発光素子。

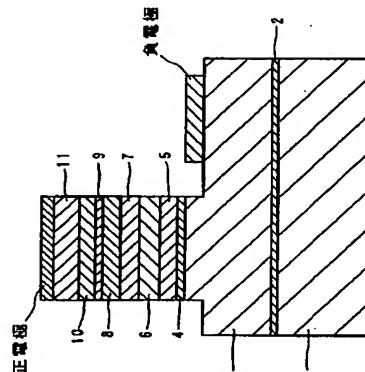
【発明の詳細な説明】

(54) [発明の名稱] 硫化物半導体発光素子

(57) [要約]

【目的】 硫化物半導体よりなる発光素子の新規な構造を提供することにより、発光出力を高めて半導体レーザを実現する。

【構成】 n型コントラクト層の上に、第一のn型層と、第二のn型層と、第三のn型層と、多重量子井戸構造を有する活性層と、第一のp型層と、第二のp型層と、第三のp型層と、p型コントラクト層とが順に積層され、ブルーヘテロ構造を有する。



【発明の詳細な説明】

【実業上の利用分野】 本発明は発光ダイオード(LED)、レーザダイオード(LD)等に使用される窒化物半導体 (In_xAl_{1-x}N, 0≤x, 0≤y, x+y≤1) よりなる発光素子に関する。

【背景技術】 [従来の技術] In_xAl_{1-x}N (0≤x, 0≤y, x+y≤1) で示される窒化物半導体はMOVPE (有機金属気相成長法)、MBE (分子束ヒーム気相成長法)、HDPVE (ハイドロゲン気相成長法) 等の気相成

長法を用いて基板上にエピタキシャル成長されている。またこの半導体材料は直結遷移型の広いドキヤンプ半導体であるため、紫外から赤色までの発光素子の材料として知られており、最近この材料で高輝度な青色LED、緑色LEDが実現され、次の目標としてレーザダイオード(LD)の実現が望まれている。

[0003] 硫化物半導体を用いた発光素子として、例えば特開平6-21511号公報にLED素子が示されている。この公報ではInGaNよりなる膜厚100オングストロームの井戸層と、GaNよりなる膜厚100オングストロームの底部構造を有するLED素子が示されている。活性層を多重量子井戸構造とすることにより、発光出力を優れたLED素子を得ることができる。しかしながら、LDではLEDよりも、さらに発光出力を高める必要がある。従って本発明はこのような事情を鑑みて成るものである。その目的とすることとは、は、硫化物半導体よりなる発光素子の新規な構造を提供することにより、発光出力を高めて半導体レーザを実現することにある。

[0004] [課題を解決するための手段] 本発明の発光素子は、n型コントラクト層の上に、第一のn型層と、第二のn型層と、第三のn型層と、多重量子井戸構造を有する活性層と、p型コントラクト層と、p型層と、p型コントラクト層とが順に積層され、ブルーヘテロ構造を有することを特徴とする。また、本発明の発光素子は、多重量子井戸構造を有する活性層の上に、第一のp型層と、第二のp型層と、第三のp型層と、p型コントラクト層とが順に積層され、ブルーヘテロ構造を有することを特徴とする。さらに、本発明の発光素子は、n型コントラクト層の上に、第一のn型層と、第二のn型層と、第三のn型層と、多重量子井戸構造を有する活性層と、第一のp型層と、第二のp型層と、p型コントラクト層とが順に積層され、ブルーヘテロ構造を有することを特徴とする。

[0005] 本発明において、前記n型コントラクト層がGaNからなり、前記第一のn型層がInNを含むn型の硫化物半導体からなり、前記第二のn型層がAlNを含むn型の硫化物半導体からなり、前記第三のn型層がGaN若しくはInを含むp型硫化物半導体からなることが望ましく、また前記第一のp型層がAlを含むp型硫化物半導体からなり、前記第二のp型層がGaN若しくはInを含むp型硫化物半導体からなり、前記第三のp型層がAlを含むp型コントラクト層とが順に積層され、ブルーヘテロ構造を有することを特徴とする。

[0006] 本発明において、前記第一のn型コントラクト層がGaNからなり、前記第一のn型層がInを含むn型の硫化物半導体からなり、前記第二のn型層がAlNを含むn型の硫化物半導体からなり、前記第三のn型層がGaN若しくはInを含むp型硫化物半導体からなることが望ましく、また前記第一のp型層がAlを含むp型コントラクト層とが順に積層され、ブルーヘテロ構造を有することを特徴とする。

[0007] 本発明において、前記第一のn型層がGaN若しくはInを含むp型硫化物半導体からなり、前記第三のp型層がMOVPE (有機金属気相成長法)、MBE (分子束ヒーム気相成長法)、HDPVE (ハイドロゲン気相成長法) 等の気相成

子井戸構造を有する活性層では、井戸層の厚さが70センチストローム以下であり、障壁層の厚さが150センチ

調整する。このD型クラッド層を活性層に接して形成するることにより、素子の出力が格段に向かう。逆に活性層に接するクラッド層をG+Nとするとき素子の出力が約1/1.3に低下してしまう。これはA1GaN/SiGaNに

リチウムイオン電池を充電した正極層の電気抵抗は200Ωとすると、活性層の上にAlGaNよりも大きなクラッド層を成長させると、そのクラッド層にクラックが発生しやすい傾向にある。

[0.014] さらにInGaNとGaNでは結晶の成長速度が異なる。例えばMOVPE法ではInGaNは600°C~800°Cで成長させるのに対して、GaNは800°Cより高い温度で成長させる。従って、InGaNよりもなる井戸層を成長させた後、GaNよりもなる壁層を成長させようとしては、成長速度を上げてやる必要がある。成長速度を上げると、先に成長させたInGaN井戸層が分解してしまうので結晶性の良い井戸層を得ることは難しい。さらに井戸層の厚さは数オーナンgstロームしかなく、薄膜の井戸層が分解するMQWを製作するが困難となる。それに対し本研究では、障壁層もInGaNであるため、井戸層と障壁層が分離することによって、先に形成層と障壁層が分離することができる。

[0.015] また結晶層の厚さも150オーナンgstロームである。

[0.016] また結晶層の厚さも150オーナンgstローム以下で現れないので結晶性の良いMQWを形成することができる。

40. [0.01.5] [実験例] 以下、MOVPE法によりLD素子を作成する方法を述べるが、本発明の発光素子はMOVPE法だけではなく、例えばMBE、HDVPE等の他の方法の知られていらない種類半導体の気相成長法を用いて成長させることが可能、またLDだけでなくLEDにも適用可能である。

41. [0.01.6] [実験例1] よく洗浄されたファイア基板1(0001面)をMOVPE装置の反応室器内に設置した後、原料ガスにTMG(トリメチルガリウム)

42. [0.01.7] 次に本実例の発光素子では活性層に接してしまっても同様のことが言える。

43. [0.01.8] 少なくともAlを含むP型の窒化物半導体、好ましくは三元化合物のAl_{1-x}G_xAs(0 < x < 1)よりもなるP型ランダム層が形成されていることが望ましい。さらにそのAl_{1-x}G_xAs層は0.5μm以下に好ましい。さらには1.0オングストローム以上、0.5μm以下に好ましい。

と、アンモニアを用い、温度500℃でサファイア基板の表面にGaNよりもバッファ層2を200オングストロームの膜厚で成長させた。

[0017] このバッファ層は基板と酸化物半導体との整合性を緩和する作用があり、他にAlN、AlGaN等を成長させることも可能である。また基板にはサファイアの他にスピネル111面(MgAl₂O₄)、SiC、MgO、Si、ZnO等の單結晶よりもなる基板より成長されている基板が用いられる。このバッファ層を成る層には、レーザー加工によって、Al_xGa_{1-x}N、Al_xGaN、Al_xSi_{1-x}N等の層を成す。

半導体の結晶性が良くなることが知られるが、成長方法、基板の種類等によりバッファ層が成長されない場合もある。

【0018】焼いて温度を100℃に上げ、原料ガスにTMG、アンモニア、ドナー不純物としてSIH₄(シラン)ガスを用いて、SIドープGaとなりn型コントロントラップ3を4μmの膜厚で成長させた。n型コントロントラップ3はGaとすることによりキャリア濃度の高い層が得られ、電極材料と好ましいオーバーラップが得られる。

【0019】次に温度を750℃まで下げ、原料ガスにTMG、TM1(トリメチルインジウム)、アンモニアとおこなうと、SiH₄を用いてn型コントロントラップ3を成長させた。成長速度は約10nm/minである。

ア、不純物ガスにシランガスを用い、Siドープ $\text{In}_0.9\text{Ga}_0.1\text{N}$ の膜厚で成長させた。

[0001] この第一のn型層4はInを含むn型の窒化半導体、好ましくはIn_{0.9}Ga_{0.1}Nで成長させることにより、次に成長させるAlを含む窒化物半導体を厚膜で成長させることが可能となる。LDの構造、光閉じ込め層、光ガイド層となる層を、例えば0.1~1.0μmの順序で成長させる必要がある。従来ではGaN、AlGaN層の上に直接受けのAl_{1-x}G_xNを成長させると、後から成長させたAl_{1-x}G_xNにクラックが入るので電子作製が困難であったが、第一のn型層がバッファ層として作用する。つまり、この層がバッファ層となり次に成長させたAlを含む窒化物半導体層にクラックが入るのを防ぐことができる。しかも次に成長させるAl1を含む窒化物半導体層を厚膜で成長させても品質良く成長できることである。

5
ヒ、アンモニアを用い、温度500°Cでサファイア基板の表面にGaNよりもなるバッファ層2を200オングストロームの厚さで成長させた。
[00117] このバッファ層は基板と窒化物半導体との格子不整合を緩和する作用があり、他にAlN、AlGaN等を成長させることも可能である。また基板にはサファイアの他にスピキル111面(MgAl₁O₄)、SiC、MgO、Si、ZnO等の斜結晶よりもなる淀みより成長する基板が用いられる。これらバッファ層を成り立たせながら、レーザー出射部10を形成する。

[0018] 併せて温度を1050℃に上げ、原料ガスにTMG、アンモニア、ドナーブリューフとしてSIH-(シリラン)ガスを用いて、Si-ドープGaNよりもn型コントラクト層3を4~6μmの膜厚で成長させた。n型コントラクト層3はGaNとすることによりキャリア濃度の高さが得られ、電極材料と好ましいオーメンジ接触が得られる。

[0019] 次に温度を750℃まで下げ、原料ガスにTMG、TMI(トリメチルインジウム)、アンモニア

ア、不純物ガスにシランガスを用い、Siドープ In_2O_3 、 In_2O_3 と第一の n 型層4を500オングストロームの膜厚で成長させた。

[0020] この第一の n 型層4は In_2O_3 の膜厚で成長させた n 型半導体、好ましくは $\text{In}_2\text{O}_3/\text{Ga}_2\text{N}$ で成長させることにより、次に成長させる $\text{Al}_1\text{Ga}_1\text{N}$ を含む窒化物半導体を厚膜で成長させることによる成長層を、 $\text{Al}_1\text{Ga}_1\text{N}$ の場合は、光間に込めた層がドームとなる層を、例えば $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 程度の層で成長させる必要がある。従来では Ga_N 、 $\text{Al}_1\text{Ga}_1\text{N}$ 層の上に直接厚膜の $\text{Al}_1\text{Ga}_1\text{N}$ を成長させると、後から成長させた $\text{Al}_1\text{Ga}_1\text{N}$ にクラックが入る上で電子作製が困難であったが、第一の n 型層がバッファ層として作用する。つまり、この層がバッファ層となり次に成長させる $\text{Al}_1\text{Ga}_1\text{N}$ を含む窒化物半導体層にクラックが入るのを防止することができる。しかも次に成長させる $\text{Al}_1\text{Ga}_1\text{N}$ を含む窒化物半導体層を厚膜で成長させても品質良く成長で

是することにより、井戸層、鍛造層が弹性的に変形し、結晶欠陥が少なくなり、電子の出力が飛躍的に向上するので、レーザ発振が可能となる。さらには井戸層は $In_{0.5}Ga_{0.5}N$ 層を含む窒化物半導体、鍛造層は GaN 、 $In_{0.5}Ga_{0.5}N$ 等で構成することができる。特に井戸層、鍛造層とも $In_{0.5}Ga_{0.5}N$ とすると、成長速度が一定保持できるので生産技術上非常に好ましい。

[10024] 活性7成長後、温度を1050°Cにし、TMG、TMA、アンモニア、アクセチラーブ触媒源としてCPDAMG (シクロヘンタジエニルマグネシウム) を用い、Mgドープ型 $A10.2G8.8N$ よりなる第8のp型層8を100オクストロームの膜厚で成長させた。この第一のp型層8は $1.1\mu m$ 以下、さらには $0.1\sim1\mu m$ 以下の膜厚で成長させることにより、 $In_{0.5}Ga_{0.5}N$ 層よりなる活性層が分解するのを防止するキャップ層としての作用があり、また活性層の上にAIを含む

式で電離子導体によりなる第一のP型層8を成長させることにより、発光出力が向上する。またP型電離子半導体層10とN型電離子半導体層12との界面に、C₆₀、B₆₀、C₇₀、B₇₀等のアセブタノン、一不純物を成長中にドープすることにより得られるが、その中でもMgが最も好ましいP型特性を示す。さらには、アセブタノ不純物をドープした後、不活性ガスを充満気中で400℃以上でアニーリングを行うとさらに好ましいP型が得られる。

100251 次に温度を1050℃に保持しながら、1Mg、アンモニア、CPN₂を用いてMgドープP型GaNよりも第二のP型層9を500オングストローム

合、光ガイド層として作用し、通常100オングストローム～1μmの膜厚で成長させることが望ましく、GaNの他にInGaN等のInを含むp型窒化物半導体で成長させることもでき、特にInGaN、GaNとすることにより次のA1を含む第三のp型層10を結晶性良く成長できる。

10を用いてTMG、TMA、アンモニア、Cp2Mgを用いてMgドープA10.3Ga0.7Nよりもなる第三のp型層10を0.5μmの膜厚で成長させた。この第三のp型層10はLDの陽極、光開込め層として作用し、0.1μm～1μmの膜厚で成長させることができ、AlGaNのようなA1を含むp型窒化物半導体とすることにより、好ましく光閉込め層として作用する。

10を用いて、TMG、アンモニア、Cp2Mgを用いてMgドープp型GaNよりもなるp型コントラクト層11を0.5μmの膜厚で成長させた。このp型コントラクト層11はMgを含むGaNとすると、最もキャリア濃度の高いp型層が得られて、正電極の材料と良好なオミック接続が得られる。

10以上のようにして窒化物半導体を構成したウェーハを反応容器から取り出し、図11に示すように最上層のp型コントラクト層11より透析エッチングを行い、n型コントラクト層3の表面を露出させ、露出したn型コントラクト層3と、p型コントラクト層11の表面にそれぞれストライプ状の電極を形成した後、ストライプ状の電極に直交する方向から、さらにエッチングを行い垂直なエッチング端面を形成して、そのエッチング面を常に逆に反対側を形成して井戸状面とした。

このレーザー端子をヒートシンクに設置し、LDとしたところ、非常に優れた特徴が得ていたため、常に

おいて、しきい値電流密度4.0KA/cm²で発光波長410nm、半価幅2nmのレーザ発振を示した。

【発明の効果】以上説明のように本発明の発光素子は、好ましくInを含む窒化物半導体よりもなる井戸層と、Inを含む窒化物半導体よりもなる障壁層とを構成したMQWの活性層を有しているため、発光素子の出力が向上してレーザダイオードが実現できた。これは既往の良い活性層が成長できることによる。このように本発明の新規な構造により、短波長LDが実現できたことにより、書き込み光源、読み取り光源としての容量が從来に比べて飛躍的に向上し、その産業上の利用面は非常に大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係るLDの構造を示す様式断面図。

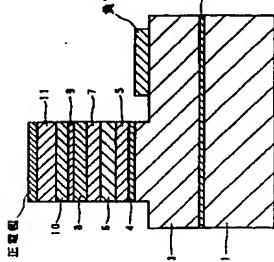
【図2】本発明の一実施例に係る素子の活性層の井戸層と発光出力との関係を示す図。

【図3】本発明の一実施例に係る素子の活性層の障壁層と発光出力との関係を示す図。

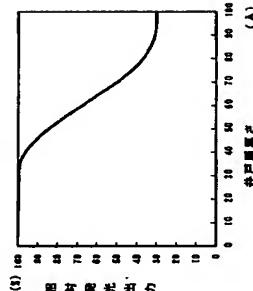
【符号の説明】

- 1...基板
- 2...GaNペイント層
- 3...n型GaN (n型コントラクト層)
- 4...n型InGaN (第一のn型層)
- 5...n型AlGaN (第二のn型層)
- 6...n型InGaN (第三のn型層)
- 7...活性層
- 8...p型AlGaN (第一のp型層)
- 9...p型GaN (第二のp型層)
- 10...p型AlGaN (第三のp型層)
- 11...p型GaN (p型コントラクト層)

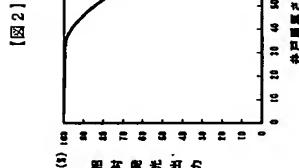
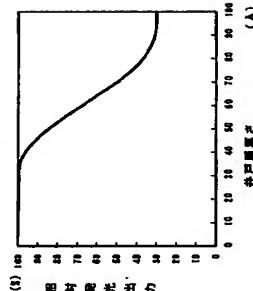
[図1]



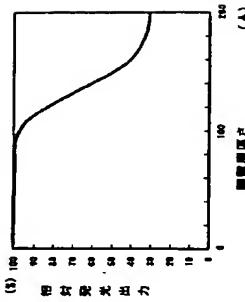
[図2]



[図3]



[図3]



6)

THIS PAGE BLANK (USPTC)